

CRITERES DE QUALITE DES EAUX
POUR LES POISSONS D'EAU DOUCE EUROPEENS

Rapport sur les solides finement divisés
et les pêches intérieures

préparé par

le Groupe de travail de la CECPI pour l'établissement
de critères de qualité pour les poissons d'eau douce européens

COMMISSION EUROPEENNE CONSULTATIVE POUR LES PECHES DANS LES EAUX INTERIEURES
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

Rome, 1964

PREPARATION DE CE DOCUMENT

L'historique de la préparation de ce document est donné dans l'Avant-propos du rapport.

Ce document a été tout d'abord soumis à la Troisième Session de la Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures (CECPI) qui s'est tenue à Scharfling-am-Mondsee (Autriche), du 20 au 25 avril 1964, sous forme de document de travail:

Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures. Groupe de travail pour l'établissement de critères de qualité pour les poissons d'eau douce européens (1964). Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport provisoire sur les solides finement divisés et les pêches intérieures. EIFAC 64/D: 26 pages.

Après avoir approuvé à l'unanimité le rapport, la Commission a recommandé qu'il soit transmis au Directeur général de la FAO afin de faire l'objet de la plus large distribution possible, y compris la reproduction dans les revues scientifiques et commerciales en rapport avec le contrôle de la pollution des eaux et la qualité de l'eau.

Dans ce but, le rapport est publié ci-après (légèrement modifié) et est reproduit en anglais sous la référence EIFAC tech.Pap.(1), 1964. Des exemplaires sont également envoyés à différentes revues en les autorisant à reproduire ce rapport.

Références bibliographiques et résumé

Groupe de travail de la CECPI pour l'établissement de critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens (1964). Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur les solides finement divisés et les pêches intérieures. EIFAC tech.Pap.(Fr.)(1): 23 p.

Ceci est le premier d'une série de rapports pour l'établissement de critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens préparés pour - et approuvés par - la Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures. L'historique de ce projet est décrit et les raisons motivant l'établissement des critères de qualité des eaux pour les poissons sont expliquées. Vient ensuite un examen des publications sur: l'action directe des solides en suspension sur la mort ou la survie des poissons; leur croissance et résistance aux maladies; l'influence des solides en suspension sur leur reproduction et leur comportement; l'influence sur la nourriture et l'effet total des solides en suspension sur les pêches intérieures. Des critères provisoires de qualité des eaux sont suggérés.

Rome, juillet 1964

CRITERES DE QUALITE DES EAUX POUR LES POISSONS D'EAU DOUCE EUROPEENS

Rapport sur les solides finement divisés
et les pêches intérieures

préparé par

le Groupe de travail de la CECPI pour l'établissement
de critères de qualité pour les poissons d'eau douce européensSOMMAIRE

	<u>Page</u>
RESUME	1
AVANT-PROPOS	5
INTRODUCTION	7
EXAMEN DE LA DOCUMENTATION	8
<u>Action directe des solides en suspension</u>	8
Mort ou survie du poisson	8
Croissance	10
Résistance aux maladies	10
<u>Influence des solides en suspension sur la reproduction</u>	10
<u>Influence sur le comportement</u>	12
<u>Influence sur la nourriture</u>	12
<u>Effet total des solides en suspension sur les pêches intérieures</u>	14
CRITERES PROVISOIRES DE QUALITE POUR LES EAUX CONTENANT DES SOLIDES FINEMENT DIVISES	17
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	20
FIGURES	25

RESUME

Des critères de qualité des eaux en ce qui concerne les solides en suspension sont nécessaires aux personnes chargées des pêches intérieures et qui doivent, par exemple, décider de la quantité de solides pouvant entrer dans les eaux des lacs ou des rivières sans entraîner trop de dangers pour les poissons ou encore s'il est indiqué d'organiser la pêche commerciale (ou d'agrément) dans des eaux contenant déjà une concentration donnée de solides en suspension.

Les concentrations excessives de solides finement divisés peuvent nuire au moins de cinq façons différentes aux poissons des rivières et des lacs:

1. par action directe sur les poissons vivant dans des eaux contenant des solides en suspension avec, comme conséquences, leur mort ou la réduction de leur taux de croissance ou la diminution de leur résistance aux maladies;
2. entrave au bon développement des oeufs et des larves;
3. modification des mouvements naturels et migrations du poisson;
4. réduction de l'abondance de la nourriture dont dispose le poisson;
5. influence sur l'efficacité des méthodes de pêche.

Plusieurs ou tous ces facteurs peuvent se combiner entre eux au grand détriment des pêches.

Il semble établi que les diverses espèces de poisson présentent des degrés différents de sensibilité aux solides en suspension et que le caractère nocif de ces solides dépend de leur nature. Malheureusement on ne dispose que d'une documentation limitée sur ces facteurs et sur beaucoup d'autres aspects du problème et les données dont on dispose s'appuient souvent sur des faits moins probants qu'il serait désirable. Il a donc fallu en conclure qu'il n'était pas encore possible de proposer des critères de qualité bien définis établissant une distinction entre les diverses sortes de solides finement divisés auxquelles différentes espèces de poissons d'eau douce peuvent être exposées. Ceci n'empêche pas toutefois l'examen de l'ensemble des données disponibles et la formulation de certaines conclusions d'ordre général.

Il ne semble pas qu'il existe de niveau bien défini de concentration de solides en suspension au-dessus duquel les pêches sont affectées et au-dessous duquel elles ne le sont pas. Il semblerait plutôt que toute augmentation du niveau habituel de concentration, à partir d'un degré très bas, peut entraîner une détérioration de la qualité et du rendement d'une pêcherie d'eau douce et que ce risque augmente avec la concentration. Bien qu'on manque de preuves suffisantes pour déterminer le rapport existant entre les degrés de concentration de solides et les risques d'effets nocifs, le groupe de travail estime qu'on peut classer ces risques en quatre catégories arbitraires et évaluer très approximativement les degrés de concentration correspondant à ces catégories. Sur ces bases et en ce qui concerne uniquement les solides chimiquement neutres et les eaux qui, sous tous autres aspects, permettent l'exploitation des pêcheries d'eau douce, les critères provisoires suivants sont soumis:

- a) Il n'existe aucune preuve que des concentrations de solides en suspension inférieures à 25 ppm aient un effet adverse sur les pêches.
- b) Il devrait normalement être possible de maintenir les pêcheries à un bon ou assez bon niveau dans des eaux contenant normalement de 25 à 80 ppm de solides en suspension. Tous autres facteurs étant inchangés, le rendement en poissons de ces eaux pourrait toutefois être quelque peu inférieur à celui des eaux de catégorie "a".
- c) Les eaux contenant normalement de 80 à 400 ppm de solides en suspension ne permettront probablement pas de bonnes pêches en eau douce bien qu'on en réalise parfois d'assez satisfaisantes dans la partie inférieure de cette gamme de concentration.
- d) On ne fera tout au mieux que de maigres pêches dans les eaux contenant plus de 400 ppm de solides en suspension.

D'autre part, bien que plusieurs milliers de ppm (parties par millions) puissent ne pas détruire le poisson avant plusieurs heures et même plusieurs jours, il faut empêcher que des concentrations élevées temporaires se produisent dans les rivières où de bonnes pêches sont effectuées.

Les lieux de ponte du saumon et de la truite doivent faire l'objet d'une attention spéciale et être maintenus dans la mesure du possible à l'abri des solides finement divisés.

AVANT-PROPOS

Le rapport est le premier d'une série sur les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens préparé pour la Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures (CECPI), organisation intergouvernementale comprenant dix-huit Etats Membres. A sa Seconde Session, Paris, 1962, la Commission a pris acte de la recommandation de la Conférence sur les problèmes de la pollution des eaux en Europe (1961) que la CECPI doit prendre l'initiative de l'établissement de critères de qualité des eaux en ce qui concerne les pêches intérieures. 1/

La Commission a approuvé que l'exploitation rationnelle d'un système fluvial exige qu'il soit fourni de l'eau d'une qualité appropriée pour chaque utilisation qui en est faite ou que l'on entend en faire, et que cette qualité soit atteinte ou maintenue normalement par le contrôle de la pollution. Il était donc nécessaire de connaître les normes requises pour chaque utilisation particulière afin de déterminer le degré nécessaire de lutte contre la pollution et de prévoir l'effet probable de déversements plus importants ou nouveaux effluents. On a fait remarquer que les normes de qualité pour l'eau de boisson ont été bien définies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et que pour certaines utilisations agricoles et industrielles des normes ont aussi été définies. Cependant, les critères de qualité de l'eau pour les poissons n'ont pas reçu l'attention qu'ils méritent. Beaucoup trop souvent, on a considéré que l'eau convient bien aux poissons tant qu'il n'y a pas de mortalité évidente pouvant être attribuée à des polluants connus. La dégradation de l'habitat aquatique par pollution et la diminution de la production annuelle et la production subséquente de la pêche sont souvent passées inaperçues.

S'appuyant sur ces arguments il a été décidé que la Commission entreprenne l'établissement de critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Ce travail consistait en un examen critique de la documentation et très probablement d'expériences pour éclaircir les contradictions et combler les lacunes des connaissances, suivi par des recommandations visant à fixer les exigences désirables pour les organismes aquatiques ou groupes d'organismes variés en ce qui concerne les différentes qualités de l'eau. Les critères finaux devaient être publiés et faire l'objet d'une large diffusion.

Un groupe de travail a été créé et ses membres ont été choisis sur la base de leurs connaissances des exigences physiques, chimiques et biologiques des poissons d'eau douce européens:

M. J.S. Alabaster (Royaume-Uni) <u>Organisateur du Groupe</u>	Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Salmon and Freshwater Fisheries Laboratory
Dr. Torsten B. Hasselrot (Suède)	Statens Vatteninspektion
M. D.W.M. Herbert (Royaume-Uni)	Department of Scientific and Industrial Research, Water Pollution Laboratory

1/

Voir respectivement:

- Rapport de la CECPI, Deuxième Session, 1962, pages 7-8.
- Nations Unies (1961) Conférence sur les problèmes de la pollution des eaux en Europe, tenue à Genève du 22 février au 3 mars 1961. Documents soumis à la Conférence, volumes I-III, Nations Unies, Genève, 600 pages.

Prof. Dr. H. Mann (République fédérale d'Allemagne)	Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Küsten- und Binnenfischerei
M. Paul Vivier <u>1/</u> (France)	Directeur de la Station d'hydrobiologie continentale de Paris
<u>Secrétariat de la FAO:</u> M. J.L.L. Chaux	Fonctionnaire régional des pêches pour l'Europe, Secrétaire de la CECPI
M. Wm.A. Dill	Chef de la Section des Ressources inté- rieures, Sous-Division de la biologie, Division des pêches

Le Groupe de travail a tout d'abord convenu que :

Les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce doivent permettre le déroulement complet de tous les cycles de vie. En plus, ils ne doivent pas provoquer dans l'eau des cours d'eau des conditions telles que la chair des poissons prenne une odeur et un goût étrangers ou que ces poissons soient amenés à désertter une partie du cours qu'ils fréquenteraient autrement ou donner lieu à l'accumulation de substances nocives chez les poissons à un degré tel qu'il y aurait danger à les consommer. Les facteurs indirects tels que ceux qui affectent les organismes servant de nourriture aux poissons doivent aussi être considérés si ces organismes jouent un rôle important.

Le Groupe de travail a ensuite entrepris de définir les critères de qualité des eaux pour les solides finement divisés et les pêches intérieures.

La préparation de ce rapport a été en grande partie l'oeuvre de Monsieur Herbert qui a préparé le manuscrit initial, lequel a été discuté et complété par les autres membres.

Le rapport final a été présenté à la Troisième Session de la CECPI, tenue à Scharfling-am-Wondsee, Autriche, avril 1964, et a reçu le plein accord de la Commission. 2/ On trouvera ce rapport ci-après.

1/ Mlle M. Nisbet (France), chef du Laboratoire de contrôle de la pollution, a assisté en qualité de suppléante de M. Vivier, à ces réunions.

2/ Rapport de la CECPI, Troisième Session, 1964, page 27.

INTRODUCTION

1. Notre Groupe de travail pour l'établissement de critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens a décidé que, comme première tâche, il examinerait la documentation sur les solides finement divisés et les pêches intérieures et en définirait les critères de qualité. Bien qu'il ne nous ait pas été possible d'étudier toute la documentation mondiale sur les solides et les pêches, nous estimons avoir examiné une partie importante des meilleurs comptes rendus de recherches et nous avons également correspondu avec les biologistes des pêches de nombreux pays européens qui, dans plusieurs cas, ont eu l'amabilité de nous fournir des renseignements inédits. Nous estimons donc que l'exposé sommaire de cette documentation et les conclusions que nous en avons tirées pourront être utiles non seulement à la Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures et ses Etats Membres, mais aussi à tous ceux intéressés par l'exploitation des eaux intérieures et de leurs ressources piscicoles.

2. L'eau de presque tous les fleuves, rivières et lacs contient des solides en suspension. Leur concentration peut être parfois très élevée en raison de l'érosion du sol, des grands travaux qui entraînent le déplacement d'énormes quantités de terre, des exploitations forestières et de l'évacuation des égouts, eaux résiduaires, déchets des usines de pâte à papier et papeteries, des résidus des mines et autres déversements industriels. Les eaux superficielles contiennent donc des solides de nature variée dont certains, comme les sels basiques de zinc, ont des propriétés toxiques (Lloyd, 1960; Herbert et Wakeford, 1964), tandis que les solides organiques sont parfois oxydés par des micro-organismes avec réduction du niveau de concentration de l'oxygène dissous à un degré entraînant l'asphyxie des poissons. Notre rapport ne s'étend pas aux effets de ce genre sur les propriétés chimiques et physiques de l'eau ni à l'action possible des solides en suspension sur des modifications de facteurs physiques tels que la température. D'autre part, certaines eaux résiduaires contiennent à la fois des solides en suspension et des substances nocives en solution. Nous n'avons pas étudié l'action possible des solides sur la résistance des poissons aux poisons ou autres facteurs de mortalité tels que la faible concentration d'oxygène dissous, les hautes températures et les valeurs extrêmes du pH. Nous n'avons pas tenu compte non plus dans notre étude de la documentation des résultats de travaux de laboratoire ou des observations pratiques lorsqu'il n'était pas établi de manière raisonnablement certaine que les effets nocifs n'étaient dus qu'aux solides en suspension. C'est ainsi qu'Edwards et Rolley (travail en préparation) ont démontré que l'oxygène dissous pouvait être réduit du fait que des dépôts de matière organique étaient mis en suspension; nous n'avons donc pas tenu compte de certains comptes rendus de destructions de poissons au cours de crues durant lesquelles la concentration de solides en suspension était élevée mais la concentration d'oxygène dissous n'avait pas été mesurée.

3. Nous avons exclu le résultat d'autres recherches lorsque nous estimions que les conclusions des auteurs s'étaient pleinement prouvées. Dans de nombreux articles traitant de recherches que nous avons utilisés, les faits que nous avons cités sont moins bien établis que nous l'aurions désiré du fait que les concentrations de solides en suspension n'ont pas été mesurées très souvent; ceci est surtout le cas des études effectuées dans des lacs et rivières.

4. Bien que la plupart des auteurs aient donné leurs résultats en poids de solides par rapport au volume d'eau, certains ont utilisé d'autres facteurs tels que la transmission de la lumière et les mesures de transparence avec le disque de Secchi. Or, il est impossible de transposer les résultats exprimés en ces diverses unités sans connaître les rapports établis entre elles pour chaque solide donné. Comme ces facteurs étaient rarement cités, nous n'avons pas tenté d'uniformiser le système de mesure lors de notre

examen de la documentation existante. Nous donnons donc les résultats dans le système d'unité utilisé par les auteurs respectifs.

5. D'après notre examen de la documentation existante, il est évident que les concentrations excessives de solides finement divisés peuvent nuire d'au moins cinq façons différentes aux poissons des rivières ou des lacs:

- a) par action directe sur les poissons vivant dans des eaux contenant des solides en suspension, avec comme conséquences, leur mort ou une réduction de leur croissance, ou une diminution de leur résistance aux maladies;
- b) entrave au bon développement des oeufs et larves;
- c) modification des mouvements naturels et migration du poisson;
- d) réduction de l'abondance de la nourriture dont dispose le poisson;
- e) influence sur l'efficacité des méthodes de pêche.

D'autre part, ces facteurs peuvent se combiner entre eux au grand détriment des pêches.

La partie suivante de notre rapport examine ces facteurs à tour de rôle, à l'exception du dernier (e).

EXAMEN DE LA DOCUMENTATION

Action directe des solides en suspension sur le poisson

Mort ou survie du poisson

6. Wallen (1951) conserva des poissons de plusieurs espèces dans de l'eau contenant de la montmorillonite, augmentant fortement la turbidité chaque jour pendant une courte période en agitant le dépôt. La plupart des sujets de chaque espèce - y compris les poissons rouges (Carassius auratus) et les carpes (Cyprinus carpio) - supportèrent les degrés de turbidité maximum de 100 000 ppm ^{1/} pendant une semaine ou plus et certains sujets de ces deux espèces survécurent de 1 à 3 semaines à des degrés de turbidité de 225 000 ppm. Herbert (communication personnelle) découvrit que des truites arc-en-ciel (Salmo gairdnerii) survivaient un jour dans une concentration de 80 000 ppm de vase en provenance du lavage de gravier et qu'il fallait augmenter la concentration jusqu'à 160 000 ppm pour les tuer pendant cette période. Alabaster (communication personnelle) établit que le rasbora (Rasbora heteromorpha), poisson tropical, mourait en un jour dans une concentration de 40 000 ppm de bentonite mais survivait une semaine avec 6 000 ppm. Cole (1935) signala que certains poissons survivaient à des concentrations de 20 000 ppm de fibres de bois bien qu'elles aient de toute évidence hâté la mort des sujets malades ou moribonds. Griffin (1938) déclara que des alevins de saumons du Pacifique et de truites pouvaient vivre de 3 à 4 semaines dans des concentrations de vase de 300 à 750 ppm portées brièvement à 2 300- 6 500 ppm, par agitation quotidienne du sédiment. Il semblerait donc que de nombreuses espèces de poisson risquent peu d'être tuées en un jour environ du fait de la présence de solides en suspension à moins que les degrés de concentration soient extrêmement élevés. Pour être mortelles à aussi brève

^{1/} ppm (parties par million): nous utilisons cette abbréviation tout au long du présent rapport.

échéance, les concentrations de certains solides devraient excéder 100 000 ppm. Toutefois, Slanina (communication personnelle) établit que bien que les truites arc-en-ciel survivent une semaine dans 5 000 - à 2/300 000 ppm de solides minéraux en suspension, l'épithélium de leurs branchies s'épaissit et se multiplie. La même affection des branchies se retrouvait chez les truites arc-en-ciel qui avaient fini par mourir après un long séjour dans des concentrations de quelques centaines de ppm de solides en suspension (Herbert et Markens, 1961). Un séjour relativement court dans de très fortes concentrations pourrait donc être ultérieurement nocif même si le poisson ne meurt pas durant ce séjour.

7. Il est improbable que des concentrations de plusieurs centaines de milliers de ppm soient présentes dans les eaux de surface, sauf pendant de très brèves périodes, mais par contre on peut rencontrer d'assez fortes concentrations pendant des périodes relativement longues. Des concentrations de 2 000 à 6 000 ppm de vase persistant pendant 15 à 20 jours ont été relevées dans des rivières en crue (Campbell, 1954; Simaika, 1940; Kemp, 1949). Deux cours d'eau continuellement pollués par les déchets d'une mine de kaolin accusent des concentrations moyennes respectives de 6 000 et 1 000 ppm (Herbert, Alabaster, Dart et Lloyd, 1961).

8. En laboratoire, une concentration de 4 250 ppm de gypse en suspension a entraîné un taux de mortalité de 50% au bout de trois semaines-et-demie chez des truites arc-en-ciel (Herbert et Wakeford, 1962). Des truites arc-en-ciel encagées périrent en 20 jours dans la Powder River, Orégon, où la concentration était de 1 000 à 2 500 ppm et les autres conditions apparemment normales (Campbell, 1954). Dans des études en laboratoire on a enregistré de 40 à 50% de décès chez des truites exposées à des concentrations de 810 et 270 ppm de kaolin et de terre d'infusoires, au bout de 10 jours dans certaines expériences mais seulement au bout de 85 jours dans d'autres (Herbert et Merkens, 1961). Une concentration de 200 ppm de fibre de sapin a entraîné un taux de mortalité de 50% au bout de 16 semaines, et de 70% au bout de 30 semaines, chez des truites arc-en-ciel (Herbert et Richards, 1963).

9. Par contre, Grande (communication personnelle) a constaté que sur 5 truites arc-en-ciel, une seule était morte au bout de 37 jours dans 1 000 ppm de fibre de cellulose, et Vallin (1935) signalait qu'un spécimen de chacune des espèces suivantes: Carassius carassius, Leuciscus rutilus et Thymallus thymallus, fut mis en observation et survécut 3 semaines dans 200 ppm. Herbert et Wakeford (1962), constatèrent qu'il n'y avait pas de décès chez les truites arc-en-ciel maintenues 4 semaines dans une concentration de 553 ppm de gypse en suspension. On enregistrerait aussi 100 % de survivance de la même espèce pendant un séjour de 9 à 10 mois dans 200 ppm de solides en provenance d'une laverie de charbon (Herbert et Richards, 1963).

10. On peut donc conclure d'expériences bien conduites et de l'observation sérieuse des rivières, que des concentrations de 200 ppm à plusieurs milliers de ppm de solides en suspension ont occasionné des pertes chez les poissons qui y étaient exposés pendant plusieurs semaines ou mois alors que d'autres expériences, tout aussi dignes de confiance, démontrent que des poissons ont supporté avec peu ou pas de pertes des concentrations de 200 à 1 000 ppm pendant des périodes comparables. Cette contradiction tient probablement en partie à la nature des solides: au cours d'expériences simultanées et utilisant des techniques similaires, toutes les truites arc-en-ciel séjournant 40 semaines dans des solides en provenance d'une laverie de charbon ont survécu alors que 80% périssaient dans une même concentration de fibre de sapin (Herbert et Richards, 1963). Ellis (1944) déclarait que plus les particules étaient grosses, dures et anguleuses, plus elles étaient susceptibles d'endommager les branchies. Un autre facteur à prendre en considération, est la différence de la résistance des diverses espèces. Smith, Kramer et McLeod (communication personnelle), constatèrent que les alevins de vairons (Stizostedion vitreum) ne survivaient pas 72 heures dans 100 ppm de fibres de bois variées

alors qu'une concentration de 20 000 ppm ne détruisait pas les Pimephales promelas qui y étaient exposés pendant 96 heures. Que les poissons d'une rivière ou d'un lac finissent par être tués par la présence continue de 200 ppm ou plus de solides en suspension cela semblerait dépendre de la nature des solides en question et de l'espèce des poissons. Toutefois, les données dont on dispose suggèrent que le taux de mortalité chez les poissons vivant dans des eaux qui, pendant de longues périodes, contiennent des concentrations de solides en suspension supérieures à 200 ppm, serait en général sensiblement plus élevé que s'ils vivaient en eau claire.

11. Quelques études considèrent aussi la mortalité dans les concentrations inférieures à 200 ppm. Smith, Kramer et McLeod (communication personnelle) constatèrent que le vairon (qui semble être un poisson extrêmement délicat) succombait en moins de 72 heures dans 100 ppm de pâte de bois. Il faut aussi signaler le cas plutôt spécial de l'hydrate ferrique qui est précipité sur les branchies des truites, carpes et tanches (Tinca tinca) à partir de solutions acides contenant 3 ppm de Fe et entraîne leur mort lorsque le pH dépasse 5,5 (Mann, communication personnelle; et Kramer, 1924). Dans la majorité des cas signalés, on constate cependant que le taux de mortalité dans des concentrations allant jusqu'à 100 ppm est à peine supérieur à celui des poissons - témoins conservés dans de l'eau claire. Herbert et Merkens (1961) constatèrent que des truites arc-en-ciel conservées longtemps dans 90 ppm de kaolin et de terre d'infusoires accusaient un taux de mortalité légèrement supérieur à celui des poissons - témoins mais néanmoins très bas; dans cinq des six essais d'une durée de 2 à 6 mois, ce taux ne dépassa pas 20%. On n'enregistra aucune mort chez des truites arc-en-ciel exposées pendant 8 mois à 100 ppm et 50 ppm de fibre de sapin ou de résidus de laverie de charbon (Herbert et Richards, 1963) et des poissons de la même espèce, placés dans 30 ppm de kaolin ou terre d'infusoires, n'accusèrent pas un degré sensiblement plus élevé de mortalité que les poissons-témoins (Herbert et Merkens, 1961).

Croissance

12. Des expériences en laboratoire au cours desquelles des truites reçurent des quantités égales de nourriture, presque toujours suffisantes pour satisfaire leur faim, démontrèrent que la présence de 50 ppm de fibre de bois ou de solides résiduaux de laveries de charbon réduisaient leur taux de croissance et que cette réduction était fonction du degré de concentration (Herbert et Richards, 1963). Les poissons se développaient toutefois assez bien avec une nourriture abondante et, même dans 200 ppm de solides en provenance de laveries de charbon, les alevins d'un an faisaient plus que tripler leur poids en 8 mois.

Résistance aux maladies

13. Herbert et Merkens (1961), constatèrent que les truites vivant dans 270 ppm de terre d'infusoires souffraient plus de la gangrène des nageoires (fin-rot) que les spécimens vivant en eau claire. Herbert et Richards (1963), signalent qu'une proportion importante des truites qui meurent dans 200 ppm de fibre de bois souffrent de la gangrène des nageoires et qu'on décèle des symptômes de la maladie après 8 mois dans 100 ppm bien que les poissons vivant dans 50 ppm et les spécimens vivant en eau claire n'en accusent aucun symptôme.

Influence des solides en suspension sur la reproduction

14. Si les solides en suspension se déposent et engorgent le gravier où sont déposés les oeufs, il en résulte un taux élevé de non-éclosion. Shapovalov (1937) démontra que la vase réduit le taux de survivance des oeufs de truite arc-en-ciel "steelhead"

(Salmo g. gairdnerii) déposés dans le gravier et, à la suite d'expériences postérieures qu'il en était de même pour les oeufs de saumon argenté (Oncorhynchus kisutch) (Shapovalov et Berrian, 1940). Hobbs (1937) déclarait que, dans les cours d'eau de Nouvelle-Zélande, c'était dans les lits de gravier contenant la plus forte proportion de particules d'un diamètre inférieur à 0,75 mm que l'on rencontrait les taux les plus élevés de mortalité des oeufs. Selon Ward (1938) qui étudia la rivière Rogue, dans l'Orégon, où l'exploitation des placers était très active: "... la vase, dans certains tributaires, recouvrait les nids et lieux de ponte d'une couche si épaisse que la faune de fond était détruite et que les oeufs étaient étouffés dans les nids." Campbell (1954) déposa des oeufs dans le lit de gravier de la Powder River, Orégon, où le degré de turbidité allait de 1 000 à 2 500 ppm à la suite de l'exploitation minière. Tous les oeufs périrent en 6 jours alors qu'on n'enregistrait que 6% de mortalité en 20 jours dans un lieu de ponte témoin situé en eau claire. Hog (1952), Hertzog (1953), Gangmark et Broad (1955 et 1956), et Neave (1947), ont aussi signalé des cas de destruction d'oeufs par envasement.

15. Stuart (1953) démontra que les oeufs de saumon de l'Atlantique (Salmo salar) et de truite brune (Salmo trutta) enfouis dans le gravier des lits de rivière ne peuvent se développer normalement que si un courant d'eau circule à travers le gravier. Gangmark et Bakkala (1960) constatèrent que le taux de survivance des oeufs de saumon "king" (Oncorhynchus tshawytscha) augmentait en fonction de la vitesse de l'eau circulant à travers le gravier où ils étaient déposés. Les oeufs de poisson ont besoin d'oxygène durant leur développement. Alderdice, Wickett et Brett (1958) établirent que les oeufs de saumon "chum" (Oncorhynchus keta) exigeaient, dans l'eau environnante, une teneur d'oxygène d'au moins un millionième au début et de 7 millionièmes en fin d'incubation, pour arriver à éclosion. Alderdice et Wickett (1958) démontrèrent que l'absorption d'oxygène par les oeufs était entravée par l'accroissement de la concentration de gaz carbonique. Wickett (1954) avait conclu que la quantité d'oxygène à la disposition des oeufs ne dépendait pas seulement de son degré de concentration dans l'eau mais aussi de la vitesse à laquelle l'eau circule au-dessus des oeufs.

16. Les observations ci-dessus s'appliquent à l'envasement des lieux de ponte après que les oeufs aient été déposés. Or, on a tout lieu de croire que certains salmonidés ne pondent pas dans le gravier déjà envasé. Stuart (1953) constata que la truite brune ne creuse pas de nids dans le gravier déjà engorgé de sédiments ni même lorsque la surface a été nettoyée et débarrassée de sédiments de sorte qu'elle ressemble en tous points à celle des lieux de ponte connus; ceci s'explique probablement du fait que le poisson se rend compte que l'eau ne circule pas à travers ce gravier. On a observé un comportement assez identique chez la truite "cutthroat" (Salmo clarkii) qui s'arrête de creuser le gravier, lorsque ce faisant elle rencontre de la vase, et abandonne ce lieu pour aller pondre ailleurs (Snyder, 1959).

17. Lorsque le mal résulte de l'envasement des lits de graviers des lieux de ponte, le degré de concentration des solides en suspension dans l'eau est apparemment moins important que la proportion de solides qui se déposent. Cette proportion dépend de la grandeur des particules, de la vitesse du courant et du degré de turbulence. En Colombie britannique, certaines rivières abritent de grandes colonies de saumons du Pacifique (Oncorhynchus) en dépit de fortes concentrations de vase glaciaire. Toutefois, le frai se produit à l'époque des grandes pluies où la violence du courant balaye la vase hors des lits de gravier (Foskett, 1958)

18. Les solides finement divisés peuvent nuire aux oeufs qui ne sont pas enfouis dans le gravier. Stuart (1953) constata que la vase en suspension se déposait sur les oeufs et les tuait - probablement en empêchant le libre échange d'oxygène et de gaz carbonique entre l'oeuf et l'eau environnante. Les solides en suspension peuvent endommager les oeufs des espèces qui ne les déposent pas sur, ou dans, le lit de la rivière. Les oeufs de la perche jaune (Perca flavescens) qui sont entourés d'une enveloppe gélatineuse et enroulés autour des plantes aquatiques, etc, furent en majeure partie

détruits dans une zone où la vase, provenant de la construction d'une route, fit monter le degré de turbidité de l'eau au point où la distance de lecture du disque de Secchi était réduite à 45 cm. Par contre, on constatait une éclosion satisfaisante en amont de cette zone, là où le disque de Secchi était invisible à 83 cm (Muncy, 1962). Dans le lac Balaton, des oeufs de sandre (Lucioperca lucioperca), également enroulés autour de plantes aquatiques, furent détruits par l'accroissement de concentration des solides occasionné par des pluies torrentielles (Woynarovich, 1959).

Influence sur le comportement

19. Des concentrations relativement élevées de solides en suspension n'empêchent pas les salmonidés de les traverser lors des migrations d'eau douce en eau salée et réciproquement. En Grande-Bretagne, la Severn contient du saumon de l'Atlantique que l'on capture dans l'estuaire bien que l'on enregistre dans cet estuaire des concentrations de solides en suspension atteignant parfois plusieurs milliers de ppm (Gibson, 1933). Alors qu'ils étudiaient les mouvements entre eau douce et eau salée de la truite de rivière (Salvelinus fontinalis), Smith et Saunders constatèrent que le degré de turbidité semblait n'avoir aucun effet sur les mouvements du poisson. Ward (1938) déclara que la concentration normale de solides en suspension dans plusieurs cours d'eau de l'Orégon était de 137 à 395 ppm et que les saumons les traversaient. Par contre, lorsqu'ils le peuvent, certains poissons choisiront de préférence l'eau claire. C'est ainsi que Summer et Smith (1939) constatèrent que le saumon "king" évitait les eaux boueuses du Yuba, en Californie, et empruntait un affluent aux eaux claires. Il choisissait aussi un chenal clair pour pondre dans une rivière boueuse, de préférence aux endroits troubles environnants. Des groupes de "minnows" descendant un affluent aux eaux claires en direction d'un fleuve boueux font immédiatement demi-tour dès qu'ils pénètrent dans les eaux troubles (Moore, 1932).

20. Bachmann (1958) constata que lorsque les truites "Cutthroat" d'une rivière de l'Idaho étaient soumises pendant 2 heures à un degré de turbidité de 35 ppm, elles n'en souffraient pas mais cherchaient refuge et s'arrêtaient de se nourrir.

21. Hofbauer (1962) étudiant les facteurs qui déterminent le nombre de poissons migrateurs empruntant une échelle à poissons, constata chez le barbeau (Barbus fluviatilis) une tendance vers la réduction de la migration lorsque la turbidité augmentait, bien que d'autres facteurs tels que la température et le niveau des eaux y fussent favorables. L'anguille d'Europe (Anguilla anguilla) par contre, accusait une tendance opposée, la migration se faisant en périodes de forte turbidité et tendant à décroître dès que l'eau s'éclaircissait.

Influence sur la nourriture

22. La quantité de nourriture pour le poisson en eau douce dépend en dernier ressort de la croissance des plantes vertes (algues et plantes aquatiques plus développées). Les solides en suspension peuvent restreindre l'abondance de cette végétation mais nous n'avons pas étudié cette question en détail dans le présent rapport.

23. Nous n'avons trouvé que peu d'études de laboratoire visant à découvrir les concentrations de solides en suspension que peuvent tolérer les invertébrés dont se nourrit le poisson. Stephan (1953) étudia plusieurs variétés de cladocères et de copépodes. L'effet nocif des solides en suspension sur ces animalcules était dû en partie, estime-t-on, à l'engorgement de leur appareil digestif et des organes filtrants et alimentaires, les degrés critiques de concentration étant de 300 à 500 ppm. L'argile était la plus nocive alors que la terre et le sable causaient moins de dégâts. Robertson (1957) étudia les taux de survivance et de reproduction des puces d'eau (Daphnia magna) en présence

de divers genres de solides en suspension. Les niveaux dangereux étaient:

Kaolinite	392 ppm
Montmorillonite	102 ppm
Charbon de bois	82 ppm

La vase de marais n'était fatale qu'à plus de 1 458 ppm. Après lavage à l'acide chlorhydrique, la montmorillonite, la vase de marais et le charbon de bois devenaient plus nocifs. Il semblerait donc que des solides différents ont des propriétés toxiques également différentes et Robertson estime que ceci doit être attribué, au moins en partie, aux variations du pouvoir absorbant. Sous des concentrations beaucoup moins élevées (par exemple 39 ppm pour la kaolinite et 73 ppm pour la vase de marais), ces solides semblent favoriser un accroissement du taux de reproduction des daphnies.

24. Bien qu'ils soient assez abondants dans les lacs, les invertébrés planctoniques tels que les daphnies constituent une partie moins importantes de la faune alimentaire des poissons de rivière que les organismes qui vivent sur le lit du courant ou sur les plantes aquatiques. Les animalcules benthiques sont menacés à la fois par les particules solides en suspension et par celles qui se déposent sur le fond. Plusieurs auteurs signalent des réductions plus ou moins sévères de la faune benthique occasionnées par ces facteurs. Taft et Shapovalov (1935) étudièrent l'abondance de la faune sur le lit des rivières californiennes dans lesquelles on évacuait d'importantes quantités de vase naturelle en provenance des exploitations minières. Dans les prélèvements opérés l'été, la teneur en organismes alimentaires par unité de surface était toujours inférieure dans les zones minières par rapport aux eaux claires. Dans la rivière Scott, les tronçons vaseux donnaient en moyenne 387 organismes/m² alors qu'en eau claire, on enregistrait 2 680 organismes/m². Smith (1939) cite des études précédentes de Surber et de Smith qui établissaient que les fonds vaseux des rivières californiennes Yuba et American ne contenaient que de 41 à 63% de la teneur en organismes alimentaires des fonds de rivières claires. Tebo (1955) constata que dans des cours d'eau de la Caroline du Nord, l'envasement intensif résultant des mouvements des grumes sur les berges d'un petit affluent entraînait des degrés de turbidité de 261 à 390 ppm dans une rivière à truites; en été et en automne, lorsque le débit de la rivière était faible, son lit était couvert d'une couche de sable stérile et de substances micacées atteignant parfois une épaisseur de 25 cm. Dans ces endroits, la faune benthique mesurée en volume au mètre carré était quatre fois moins abondante que dans les zones claires, en amont du point d'entrée de la vase. La truite arc-en-ciel se nourrissait surtout sur la faune benthique de janvier à juin, mais de juin à décembre cette source ne constituait plus que 42% de sa nourriture, le reste se composant principalement d'insectes non aquatiques. Herbert, Alabaster, Dart et Lloyd (1961) établirent que la faune de fond de rivières à eau claire en Cornouaille, mesurée en poids humide au mètre carré, était actuellement neuf fois supérieure à celle des rivières contenant de 1 000 à 6 000 ppm de solides en suspension bien que dans une rivière ayant une concentration de 60 ppm, cette faune était presque aussi abondante que dans les rivières claires. Au cours de leur étude, ces auteurs constatèrent qu'une bonne partie de la nourriture des truites (en mai) se composait d'espèces terrestres mais que la faune de fond représentait néanmoins une proportion appréciable de cette nourriture. Une destruction complète des invertébrés aquatiques de ces rivières ne signifiait pas nécessairement que ces poissons étaient dépourvus de toute nourriture mais simplement que la quantité totale de nourriture disponible était réduite. D'autres espèces de poisson pourraient souffrir plus sérieusement de cette éventualité.

25. On trouve plusieurs autres exemples dans des rapports non publiés, rédigés en France à des fins administratives, dont Monsieur P. Vivier nous a donné un résumé. Les eaux résiduaires d'une laverie de sable contenaient 29 900 ppm de particules solides en suspension dont 19 750 ppm susceptibles de se déposer. Déversées dans une rivière à truites des Côtes-du-Nord, elles entraînèrent la disparition dans la faune de fond

des trichoptères (Hydropsyche, Rhyacophiles), éphéméroptères (Ecdyonurus), crustacés (Gammarus) et mollusques (Ancylus, Limnea) qui étaient toujours présents en amont. A quatre kilomètres en aval où la concentration de solides en suspension était tombée à 29 ppm, la faune réapparaissait à l'exception des éphéméroptères. Les plantes et la faune alimentaire du poisson disparurent dans une autre rivière à truites après l'introduction de 250 ppm de solides en suspension provenant d'une carrière. Dans un petit cours d'eau des Vosges, on enregistrait 11 300 ppm de solides en suspension immédiatement en aval d'une usine de concassage de granit avec laverie et 185 ppm à 7 km en aval à son confluent avec la Saône. La flore et la faune normales avaient complètement disparu de cet affluent en aval du point de déversement. Dans une rivière du département du Gard, la présence de mines de charbon occasionne une concentration de 570 ppm de solides en suspension à 1 km en aval des mines, la rivière demeurant pratiquement abiotique sur une longueur de 10 km au delà de laquelle la concentration tombe à environ 100 ppm et on constate la réapparition d'une faune de très faible densité.

26. Si la faune de fond des rivières peut souffrir d'une réduction très sévère du fait de la présence de solides finement divisés, qui sont chimiquement inertes, les dépôts de certaines substances solides organiques - humus en provenance des usines de traitement des eaux d'égouts, par exemple - peuvent entretenir une population très dense de certaines espèces d'invertébrés de fond tels que les Chironomus riparius et Asellus aquaticus qui constituent une source abondante de nourriture pour le poisson (Allan, Herbert et Alabaster, 1958).

Effet total des solides en suspension sur les pêches intérieures

27. Les parties précédentes de ce compte rendu ont établi qu'à une concentration suffisante, les solides en suspension peuvent entraîner directement la mort du poisson, accroître sa sensibilité aux maladies, réduire le taux de sa croissance, modifier ses mouvements naturels en eau douce, réduire l'étendue des zones favorables au frai et tuer les oeufs en période d'incubation. D'autre part, ils peuvent réduire les sources naturelles de nourriture du poisson. Lorsqu'une pêcherie d'eau douce souffre de la présence de quantités excessives de solides finement divisés, il est probable que plusieurs de ces facteurs se manifesteront bien que leur importance relative puisse varier. La corrélation entre l'état des pêcheries dans les lacs et rivières et les concentrations de solides qui s'y trouvent doit donc fournir des données particulièrement appropriées pour l'établissement de critères de qualité pour l'eau.

28. Ellis (1937) fit 514 mesures de la turbidité en 202 endroits des rivières américaines en classant chaque endroit selon l'état bien équilibré ou non de la faune de poissons. Ses résultats sont résumés dans la figure n° 1. On ne peut tirer de conclusions trop précises de ces données car, dans la plupart des cas, peu de mesures de turbidité furent effectuées et on ne peut donc en considérer les résultats comme représentant fidèlement les conditions régnant dans des rivières où la turbidité est sujette à des fluctuations considérables. D'autre part, une faible population de poissons n'est pas toujours attribuable à un degré élevé de turbidité mais peut l'être à d'autres facteurs tels que la faible teneur en oxygène dissous (cf. paragraphe 2). Néanmoins, les renseignements accumulés par Ellis suggèrent qu'un accroissement de la turbidité au-dessus de niveaux assez bas réduira les possibilités de sauvegarder le bon état d'une pêcherie bien qu'il soit bon de se souvenir que des colonies florissantes de poissons ont été trouvées dans des eaux très boueuses.

29. Il semblerait que certaines espèces de poissons supportent mieux que d'autres les eaux boueuses et qu'une augmentation des solides en suspension peut entraîner une augmentation des nombres de poissons résistants car ils n'entrent plus en concurrence avec les espèces moins tolérantes. Aitken (1936) déclarait que des rivières de l'Iowa qui avaient contenu autrefois des truites, des black-bass à petite bouche (Micropterus dolomieu) et d'autres espèces de poissons d'eau claire avaient été

entièrement transformées par un excès d'érosion du sol et contenaient depuis lors des poissons plus communs et des espèces aimant les eaux boueuses. Trautman (1933) avait signalé des changements identiques dans le bassin de l'Ohio. Une enquête entreprise par l'Institut des recherches en eau douce, de Drottningholm, fournit des exemples plus détaillés sur la manière dont peut se modifier la composition en espèces des poissons d'une pêcherie. Elle avait révélé que la turbidité causée par l'érosion dans le lac Hetegeln, en Suède, avait probablement occasionné la réduction des prises d'ombles (Salvelinus alpinus) alors que les pêches de truites (Salmo) et d'ombres européens (Thymallus thymallus) n'étaient pas sensiblement affectées. Le tableau ci-dessous montre comment les prises de corégonos (Coregonus lavaretus) dans le lac Aisjaur, en Suède, furent réduites par la turbidité causée par des résidus miniers composés en grande partie de sable de quartz.

Distances Secchi	Nombre de filets	Nombre de corégonos pris par filet
10 à 20 cm	11	0,6
40 à 50 cm	15	1,-
plus de 100 cm	10	1,9

Toutefois, les pêches de perches (Perca fluviatilis) et de brochets (Esox lucius) ne furent pas affectées (Vallin, communication personnelle). Doan (1942) enquêta sur les statistiques des pêches du lac Erié où la turbidité varie de 5 à 230 ppm. Les pêches commerciales annuelles de Stizostedion v. vitreum variaient en raison inverse des degrés de turbidité, en avril et mai, d'une manière statistiquement significative. Par contre, les pêches de Stizostedion canadense étaient en fonction directe des degrés de turbidité régnant dans le lac trois ans auparavant.

30. Les corégonos (Coregonus) ont souffert sévèrement de la présence de solides en suspension dans plusieurs lacs. Plusieurs espèces de corégonos se nourrissent principalement de plancton et vivent typiquement dans les lacs dont l'eau est claire et fraîche. Stephan (1953) cite Scheffel qui raconte l'histoire de la pêcherie du Chiemsee en Haute Bavière, où il semble que des solides en suspension amenés par des rivières, ont causé un déclin des pêches de corégonos au point où elles ne comprenaient plus que quelques poissons sous-alimentés en 1920 pour devenir nulles de septembre 1920 à février 1921. Le nombre de poissons en frai avait aussi considérablement diminué. Jusqu'alors ces poissons s'étaient nourris de zooplancton qui devait être suffisamment abondant pour couvrir leurs besoins mais la population réduite cherchait sa nourriture parmi les petits animaux de fond tels que les escargots et les vers de vase (larves de chironomes). Einsele fit des observations analogues en 1963 dans le Mondsee, en Autriche. D'importantes quantités d'argile pénétrèrent dans le lac au cours de la construction d'une route en 1961-62 rendant les eaux très troubles. Ceci entravala développement du plancton et particulièrement des daphnies. Einsele estimait que la production normale des daphnies du lac était d'environ 400 000 kg par an (poids frais); la turbidité la réduisit à 80 000 kg et occasionna d'autre part, un taux de mortalité plus élevé chez les corégonos d'où une réduction très sévère des pêches de l'année suivante.

31. Schnedeberger et Jewel (1928) étudièrent des étangs des Etats-Unis dont la concentration naturelle de solides en suspension variait. Ils constatèrent que la production de poisson augmentait lorsque le degré de concentration baissait jusqu'à 100 ppm. Buck (1956) observa la croissance du poisson dans 39 étangs d'élevage où le degré de turbidité variait beaucoup et dont on avait retiré le poisson pour le remplacer par des "black bass à grande bouche" (Micropterus salmoides), "Bluegil" (Leponis macrochirus) et "red-ear sunfish" (Lepomis microlophus). Après deux saisons de croissance, les rendements en poisson étaient:

Etangs clairs (moins de 25 ppm de solides en suspension)	180,7 kg/hectare
Etangs moyens (25 à 100 ppm)	105,1 kg/hectare
Etangs boueux (plus de 100 ppm)	32,8 kg/hectare

Le taux de reproduction souffrait aussi de la turbidité et le degré critique de concentration, pour les trois espèces, semblait se situer entre 75 et 100 ppm. Dans le même compte rendu, Buck signale que des "black bass à grande bouche", "crappies" (*Pomoxis*) et "channel catfish" (*Ictalurus punctatus*) se développaient moins vite dans un réservoir dont l'eau avait un degré de turbidité de 130 ppm que dans un autre réservoir dont l'eau était toujours très claire.

32. En rivière, Herbert, Alabaster, Dart et Lloyd (1961) constatèrent que 1 000 et 6 000 ppm de résidus kaoliniques avaient réduit à environ 14% la densité de truites brunes des rivières claires alors qu'une rivière accusant 60 ppm contenait une population normale de truites. On trouve confirmation de ces faits dans les rapports inédits qui nous ont été communiqués de France par M. P. Vivier. Dans une rivière du département du Gard peuplée de cyprinidés, il n'y avait pas de poissons sur un tronçon pollué jusqu'au niveau de 570 ppm par des solides en provenance de houillères, mais quelques gardons et chevennes réapparaissaient à 10 km en aval des mines où la concentration était descendue à environ 100 ppm. Les truites, vairons et poissons-chats qui habitent la partie supérieure d'un cours d'eau des Vosges disparaissent complètement en aval du point de déversement des eaux de laverie d'une usine de concassage de granit qui font monter la concentration de solides en suspension à 11 300 ppm immédiatement en aval de ce point. Le poisson ne réapparaît qu'au confluent de cette rivière et de la Saône; le degré de concentration immédiatement en amont du confluent est de 185 ppm. On trouve des truites et des vandoises dans une rivière du département du Finistère, en amont du point de déversement des eaux résiduaires d'une mine d'étain, alors que dans la zone polluée on ne trouve pour tout poisson que des anguilles. Les degrés de concentration relevés au cours d'une crue de cette rivière étaient de 560 ppm à 500 mètres en aval du point de déversement et 80 ppm 4 kilomètres plus bas. Une faune abondante d'éphéméroptères, de trichoptères, de crustacés, de mollusques et de vers avait presque complètement disparu en aval du point de déversement. Toutefois, dans les cours d'eau de montagne alimentés par la fonte des neiges, on rencontre souvent des concentrations de 1 000 ppm de solides en suspension qui persistent pendant 3 à 5 mois de l'année et ces cours d'eau contiennent des truites, peu abondantes certes. Dans la Leirelva (Norvège) qui est plutôt boueuse avec des concentrations moyennes de 50 ppm de solides en suspension, et des concentrations de pointe de 1 331 ppm, on trouve couramment des brochets, perches, sandres et plusieurs variétés de cyprinidés. Une autre rivière boueuse de Norvège, la Nitelva, dont la concentration va de 5,9 à 99,8 ppm avec une moyenne de 25 ppm, on trouve la même faune de poissons (M. Grande - communication personnelle). Herbert (communication personnelle) installa un compteur-enregistreur de solides en suspension pendant un an dans la Mimram (Hertfordshire, Angleterre) où la truite est abondante et constata que la concentration moyenne était de 24 ppm avec des maxima de 80 à 100 ppm à certaines périodes. Liepolt (1961) signale qu'une population de truites vit dans une rivière contenant en moyenne de 19 à 23 ppm de solides et qu'elle ne souffre pas des opérations de dragage qui font monter la concentration à environ 160 ppm pendant de courtes périodes. La pêche au lancer à la mouche souffre toutefois des périodes de turbidité.

33. Herbert et Richards (1963) communiquent les réponses à un questionnaire envoyé aux River Boards (Conseils de conservation des rivières) d'Angleterre, d'Ecosse et du Pays de Galles. Les cours d'eau contenant des solides d'origine industrielle en suspension étaient classés en deux catégories: "poissons présents et populations de poissons non affectées numériquement" et "poissons absents ou en nombre très réduit". On avait pris grand soin de ne pas tenir compte des renseignements concernant des rivières dont la pollution pouvait ne pas être exclusivement due aux solides inertes en suspension. Les renseignements sont donnés à la figure 2 qui contient aussi les informations résumées dans le paragraphe 32. Certaines des concentrations citées dans cette illustration sont des moyennes ou des chiffres extrêmes de longues séries de relevés effectués sur une période de très longue durée tandis que d'autres proviennent d'observations isolées qui peuvent ne pas représenter fidèlement les concentrations existant normalement dans ces cours d'eau. En dépit de cette restriction, on peut toutefois conclure que toutes les rivières ou tronçons de rivières où les pêcheries ne donnaient pas l'apparence d'avoir souffert accusaient des concentrations de solides en suspension nettement inférieures à celles des rivières où les pêcheries avaient sérieusement souffert ou avaient été détruites. Il y a un certain chevauchement des catégories et l'on ne peut établir un niveau bien défini pouvant servir de point de démarcation; il semble toutefois que la concentration critique se situe entre 100 et 300 ppm.

CRITERES PROVISOIRES DE QUALITE POUR LES EAUX CONTENANT DES SOLIDES
FINEMENT DIVISES

34. Des critères de qualité des eaux, en ce qui concerne les solides en suspension sont nécessaires aux personnes chargées des pêches intérieures et qui doivent par exemple décider de la quantité de solides pouvant entrer dans les eaux des lacs ou des rivières sans entraîner trop de dangers pour les poissons, ou encore s'il est indiqué d'organiser la pêche commerciale ou d'agrément dans les eaux contenant déjà une concentration donnée de solides en suspension. Ces critères seront donc présentés en fonction de l'effet qu'exercent sur les pêches des concentrations données de solides.

35. Il semble établi que les diverses espèces de poissons présentent des degrés différents de sensibilité aux solides en suspension et que le caractère nocif de ces solides dépende de leur nature (paragraphe 10). Malheureusement, on ne dispose que d'une documentation limitée sur ces facteurs et sur beaucoup d'autres aspects du problème et, comme il est dit au paragraphe 3, les données dont on dispose s'appuient souvent sur des faits moins probants qu'il serait désirable. Nous avons donc dû conclure que nous ne sommes pas encore en mesure de proposer des critères de qualité de l'eau bien définis établissant une distinction entre les diverses sortes de solides finement divisés auxquelles différentes espèces de poissons d'eau douce peuvent être exposées. Nous croyons toutefois que si l'on considère l'ensemble des données disponibles, on peut en tirer des conclusions générales et, à partir de celles-ci, établir certains critères provisoires. C'est ce que nous nous sommes efforcés de faire dans les paragraphes qui suivent et nous soumettons ces critères aux discussions dans l'espoir qu'ils se révéleront utiles mais nous tenons à souligner qu'ils ne sont que provisoires et donneront peut-être lieu à révision à la lueur de données ultérieures.

36. Les lieux de ponte de la truite et du saumon sont très vulnérables aux solides finement divisés et un degré relativement faible de turbidité de l'eau ou des dépôts de solides sur les lits de gravier peuvent écarter les poissons cherchant à frayer ou interrompre le développement naturel et l'éclosion des oeufs (paragraphes 14 à 17). Ceci peut avoir des résultats particulièrement critiques lorsque des colonies de salmonidés sont entravées par la pénurie de lieux de ponte adéquats.

37. A l'exception de leur effet possible sur le comportement des poissons en période de frai et sur l'incubation des oeufs, ainsi que dans le cas spécial de l'hydrate ferrique fraîchement précipité (paragraphe 11), il n'est pas prouvé que des concentrations de moins de 25 ppm aient eu un effet nocif sur le poisson ou les pêcheries et plusieurs pêcheries en excellente condition sont situées dans des rivières contenant normalement environ 25 ppm de solides en suspension (paragraphe 32).

38. Les concentrations supérieures à 25 ppm ont réduit la production de poisson des étangs (paragraphe 31); celles de 35 ppm ont réduit la consommation alimentaire (paragraphe 20); celles de 50 ppm ont réduit le taux de croissance de truites en laboratoire (paragraphe 12); 82 ppm de charbon de bois ont détruit les daphnies (paragraphe 23). D'autre part, la plus faible concentration constatée dans les tronçons de rivière contenant peu ou pas de poisson était de 85 ppm lorsque les autres facteurs étaient favorables et il y a de nombreux cours d'eau où la concentration n'est que légèrement inférieure à ce chiffre et où les pêcheries ne semblent pas avoir souffert (paragraphes 32 et 33, fig. 2). En laboratoire, la concentration la plus faible ayant réduit la durée probable d'existence des poissons était de 90 ppm (paragraphe 11), et celle dont on sait qu'elle a augmenté la sensibilité aux maladies était de 100 ppm (paragraphe 13).

39. On signale l'existence de pêcheries dont l'état est satisfaisant dans des eaux contenant de 100 à 400 ppm solides en suspension mais, dans d'autres eaux présentant le même degré de concentration, il y a peu ou pas de poisson (paragraphe 33 et fig. 2).

Des concentrations de même ordre de divers types de solides ont augmenté la sensibilité aux maladies (paragraphe 13), accru les taux de mortalité (paragraphe 8) et réduit les taux de croissance (paragraphe 12 et 31). Des daphnies ont été tuées par plusieurs types de solides à des concentrations comparables (paragraphe 23) et, dans toutes les études que nous avons examinées, l'abondance de la faune d'invertébrés des fonds de rivières a très fortement souffert de ces concentrations (paragraphe 24 et 25).

40. Nous n'avons pas trouvé de preuve raisonnable de l'existence de populations abondantes et variées de poissons dans les eaux contenant habituellement plus de 400 ppm de solides en suspension bien qu'il y ait des cours d'eau où la concentration atteint jusqu'à 6 000 ppm et qui contiennent de très rares truites (paragraphe 32 et fig. 2). Il se peut qu'il existe des espèces de poissons très résistantes qui peuvent alimenter de bonnes pêcheries dans des eaux très boueuses mais nous n'avons pas trouvé de telles pêcheries en Europe. Les saumons qui se font prendre en traversant des abords troubles lors de leur migration constituent une exception à cette règle (paragraphe 19).

41. De nombreux solides peuvent atteindre pendant de courtes périodes (quelques jours au maximum) des concentrations de plusieurs milliers de ppm - et parfois bien davantage - sans tuer les poissons mais les branchies de ceux-ci peuvent être endommagées avec un effet possible sur la survivance.

42. Le bref résumé des faits rapportés dans les paragraphes 36 à 41, semblerait indiquer qu'il n'existe pas de niveau bien défini de concentration de solides en suspension au-dessus duquel les pêcheries sont affectées et au dessous duquel elles ne le sont pas. Nous avons plutôt l'impression que toute augmentation de niveau habituel de concentration, à partir d'un degré très bas, peut entraîner une détérioration de la qualité et du rendement d'une pêcherie d'eau douce, et que ce risque augmente avec la concentration. Cependant, les preuves ne sont pas tout à fait suffisantes pour permettre de définir avec une certaine précision la relation entre la concentration de solides et le risque de détérioration. Nous estimons que le mieux que nous puissions faire à présent pour l'établissement de critères de qualité de l'eau contenant des solides en suspension est de classer les risques courus par les pêcheries en quatre catégories arbitraires et d'évaluer, grosso modo, les niveaux de concentration correspondant approximativement à ces catégories.

43. Sur ces bases, en ce qui concerne uniquement les solides chimiquement neutres et les eaux qui, sous tous autres aspects permettent l'exploitation de pêcheries d'eau douce, nous présentons les critères provisoires pour discussion et commentaires :

- a) il n'existe aucune preuve que des concentrations de solides en suspension inférieures à 25 ppm aient un effet adverse sur les pêches;
- b) il devrait normalement être possible de maintenir les pêcheries à un bon ou assez bon niveau dans des eaux contenant normalement de 25 à 80 ppm de solides en suspension. Tous autres facteurs étant inchangés, le rendement en poisson de ces eaux pourrait toutefois être quelque peu inférieur à celui des eaux de la catégorie "a";
- c) les eaux contenant normalement de 80 à 400 ppm de solides en suspension ne permettent probablement pas de bonnes pêches en eau douce bien qu'on en réalise parfois d'assez satisfaisantes dans la partie inférieure de cette gamme de concentrations;

- d) on ne fera tout au mieux que de maigres pêches dans les eaux contenant plus de 400 ppm de solides en suspension.

44. D'autre part, bien que plusieurs milliers de ppm puissent ne pas détruire le poisson avant plusieurs heures, et même plusieurs jours, il faut empêcher que des concentrations élevées temporaires se produisent dans les rivières où de bonnes pêches sont effectuées.

Les lieux de ponte du saumon et de la truite doivent faire l'objet d'une attention spéciale et être maintenus, dans la mesure du possible, à l'abri des solides finement divisés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aitken, W.W., 1936 The relation of soil erosion to stream improvement and fish life. J.For., 34: 1059-61
- Alderdice, D.F., and W.P. Wickett, 1958 A note on the response of developing chum salmon eggs to free carbon dioxide in solution. J.Fish.Res.Bd Can., 15: 797-9
- Alderdice, D.F., W.P. Wickett and J.R. Brett, 1958 Some effects of temporary exposure to low dissolved oxygen levels on Pacific salmon eggs. J.Fish.Res.Bd Can., 15:229-50
- Allan, I.R.H., D.W.M. Herbert and J.S. Alabaster, 1958 A field and laboratory investigation of fish in a sewage effluent. Fish.Invest., Lond. (1),6(2): 76 p.
- Bachmann, R.W., 1958 The ecology of four North Idaho trout streams with reference to the influence of forest road construction. Master's thesis, Univ. Idaho, 97 p.
- Buck, H.D., 1956 Effects of turbidity on fish and fishing. Trans.N.Amer.Wildl.Conf., 21:249-61
- Campbell, H.J., 1954 The effect on siltation from gold dredging on the survival of rainbow trout and eyed eggs in Powder River, Oregon. Oregon St. Game Comm., 3 p. (processed)
- Cole, A.E. 1935 Water pollution studies in Wisconsin. Effects of industrial (pulp and papermill) wastes on fish. Sewage Wks J., 7:280-302
- Doan, K.H., 1942 Some meteorological and limnological conditions as factors in the abundance of certain fishes in Lake Erie. Ecol.Monogr., 12:293-314
- Einsele, W., 1963 Schwere Schädigung der Fischerei und die biologischen Verhältnisse im Mondsee durch Einbringung von lehmig-tonigem Abraum. Ost.Fisch., 16
- Ellis, M.M., 1937 Detection and measurement of stream pollution. Bull.U.S.Bur.Fish., (22):365-437
- 1944 Water purity standards for freshwater fishes. Spec.sci.Rep.U.S.Fish Wildl.Serv., 2:18 p.
- Foskett, D.R., 1958 The River Inlet sockeye salmon. J.Fish.Res.Bd Can., 15:867-89
- Gangmark, H.A., and R.G. Bakkala, 1960 A comparative study of unstable and stable (artificial channel) spawning streams for incubating king salmon at Mill Creek. Calif.Fish Game, 46:151-64
- Gangmark, H.A., and R.D. Broad, 1955 Experimental hatching of salmon in Mill Creek, a tributary of the Sacramento River. Calif.Fish Game, 41:233-42
- Gangmark, H.A., and R.D. Broad, 1956 Further observations on stream survival of king salmon spawn. Calif.Fish Game, 42:37-49

- Gibson, A.M., 1933 Construction and operation of a tidal model of the Severn Estuary. London, H.M. Stationery Office
- Griffin, L.E., 1938 Experiments on the tolerance of young trout and salmon for suspended sediment in water. Bull.Ore.Dep.Geol., (10)Appendix B:28-31
- Heg, R.T., 1952 Stillaguamish slide study. Summary of data obtained by research division during 1952. Wash. Dept. Fish., 11 p.
- Herbert, D.W.M., 1961 J.S. Alabaster, M.C. Dart and R. Lloyd, The effect of china-clay wastes on trout streams. Int.J.Air Wat.Poll., 5:56-74
- Herbert, D.W.M., 1961 and J.C. Merkens, The effect of suspended mineral solids on the survival of trout. Int.J.Air Wat.Poll., 5:46-55
- Herbert, D.W.M., 1963 and J.M. Richards, The growth and survival of fish in some suspensions of solids of industrial origin. Int.J.Air Wat.Poll., 7:297-302
- Herbert, D.W.M., 1962 and A.C. Wakeford, The effect of calcium sulphate on the survival of rainbow trout. Wat.Waste Treatm.Y., 8:608-9
- 1964 The susceptibility of salmonid fish to poisons under estuarine conditions. 1. Zinc sulphate, Int.J.Air Wat.Poll., 8:251-6
- Hertzog, D.E., 1953 Stillaguamish slide study. Wash.Dept.Fish., Feb.20th. 29 p.
- Hobbs, D.F., 1937 Natural reproduction of quinnat salmon, brown and rainbow trout in certain New Zealand waters. Fish.Bull., Wellington, N.Z., 6:104 p.
- Hofbauer, J., 1963 Der Aufstieg der Fische in den Fishpässen des mehrfach gestauten Maines. Arch.FischWiss., 13:92-125
- Kemp, H.A., 1949 Soil pollution in the Potomac River basin. J.Amer.Wat.Wks Ass., 41:792-6
- Krämer, H.J., 1924 Grundlagen für die Bourteilung der Wirkung ausgeflockten Eisenhydroxyds auf Flora und Fauna fliessender Gewässer. 2. Untersuch.Nahr.u.Genussm., 47:148
- Liepolt, R., 1961 Biologische Auswirkung der Entschlammung eines Hochgebirgsstausees in einem alpinen Fliessgewässer. Wass.u.Abwass., 110-3
- Lloyd, R., 1960 The toxicity of zinc sulphate to rainbow trout. Ann.appl.Biol., 48:84
- Moore, E., 1932 Stream pollution as it affects fish life. Sewage Wks J., 4:159-65
- Muncy, R.J., 1962 Life history of the yellow perch Perca flavescens in estuarine waters of Severn River, tributary of Chesapeake Bay, Maryland. Chesapeake Sci., 3:143-59
- Neave, F., 1947 Natural propagation of chum salmon in a coastal stream. Progr.Rep. Pacif.Cst.Stas., 70:20-1

- Robertson, M., 1957 The effects of suspended materials on the reproductive rate of Daphnia magna. Publ.Inst.Mar.Sci.Univ.Tex., 4:265-77
- Schnedeberger, E., and M.E. Jewel, 1928 Factors affecting pond fish production. Bull.Kans. For.Fish Comm., (9):5-14
- Shapovalov, L., 1937 Experiments in hatching steelhead eggs in gravel. Calif.Fish Game, 23:208-14
- Shapovalov, L. and W. Berrian, 1940 An experiment in hatching silver salmon (Oncorhynchus kisutch) eggs in gravel. Trans.Amer.Fish.Soc., 69:135-40
- Simaika, Y.M., 1940 The suspended matter in the Nile. Phys.Dep.Pap., Cairo, (40)
- Slanina, K., Beitrag zur Wirkung mineralischer Suspensionen auf Fische. Wass.u. Abwass., (in press)
- Smith, Lloyd L. Jr., R.H. Kramer and J.C. McLeod, Effects of pulpwood fibres on fat-head minnows and walleye fingerlings. (in prep.)
- Smith, M.W. and J.W. Saunders, 1958 Movements of brook trout, Salvelinus fontinalis (Mitchill) between and within fresh and salt water. J.Fish.Res.Bd Can. 15:1403-49
- Smith, O.R., 1940 Placer mining silt and its relation to salmon and trout on the Pacific coast. Trans.Amer.Fish.Soc., 69:225-30
- Snyder, G.R., 1959 Evaluation of cutthroat reproduction in Trappers Lake inlet. Quart. Rep.Colo.Fish.Res.Un., 5:12-52
- Stephan, H., 1953 Seefischerei und Hochwasser. (Der Einfluss von anorganischen Schwebstoffen auf Cladoceren und Copepoden). Dissertation, Naturw. Fakultät, München.
- Stuart, T.A., 1953 Spawning migration, reproduction and young stages of loach trout (Salmo trutta L.). Freshw.Salm.Fish.Res., (5):39 p.
- Sumner, F.H. and O.R. Smith, 1939 A biological study of the effect of mining debris dams and hydraulic mining on fish life in the Yuba and American Rivers in California. Mimeographed report to U.S. District Engineers office, Sacramento, California: Stanford Univ., Calif. 51 p.
- Taft, A.C. and L. Shapovalov, 1935 A biological survey of streams and lakes in the Klamath and Shasta national forests of California. U.S. Bur. of Fish, 71 p. (mimeo)
- Tobo, L.B., Jr. 1955 Effects of siltation, resulting from improper logging, on the bottom fauna of a small trout stream in the southern Appalachians. Progr.Fish cult., 17:64-70
- Trautman, M.B., 1933 The general effects of pollution of Ohio fish life. Trans.Amer.Fish Soc., 63:69-72
- Wallen, I.E., 1951 The direct effect of turbidity on fishes. Bull.Okla.agric.mech.Coll., (biol), (2):48

- Ward, H.B., Placer mining in the Rogue River, Oregon, in its relation to the fish
1938 and fishing in that stream. Bull.Ore.Dep.Geol., (10):31 p.
- Wickett, W.P., The oxygen supply to salmon eggs in spawning beds. J.Fish.Res.Bd Can.
1954 11:933-53
- Vallin, S., Cellulosafabrikerna och fisket. K. Landt brstyr., Medd.UndersöknAnst.
1935 Sötvattensfisk.Stockh., (5)
- Wynárovich, E., Erbrütung von Fischeiern im Sprühraum. Arch.FischWiss., 13:179-89
1959

FIG. 1 TURBIDITE ET PECHE EN EAU DOUCE AUX U.S.A.

DONNEES DE M. M. ELLIS "DETECTION AND MEASUREMENT OF STREAM POLLUTION"

U.S. DEPT. OF COMMERCE, BUREAU OF FISHERIES, BULL. N° 22 (1937)

514 DETERMINATIONS DE LA TURBIDITE ONT ETE EFFECTUEES EN 272 STATIONS FLUVIALES.

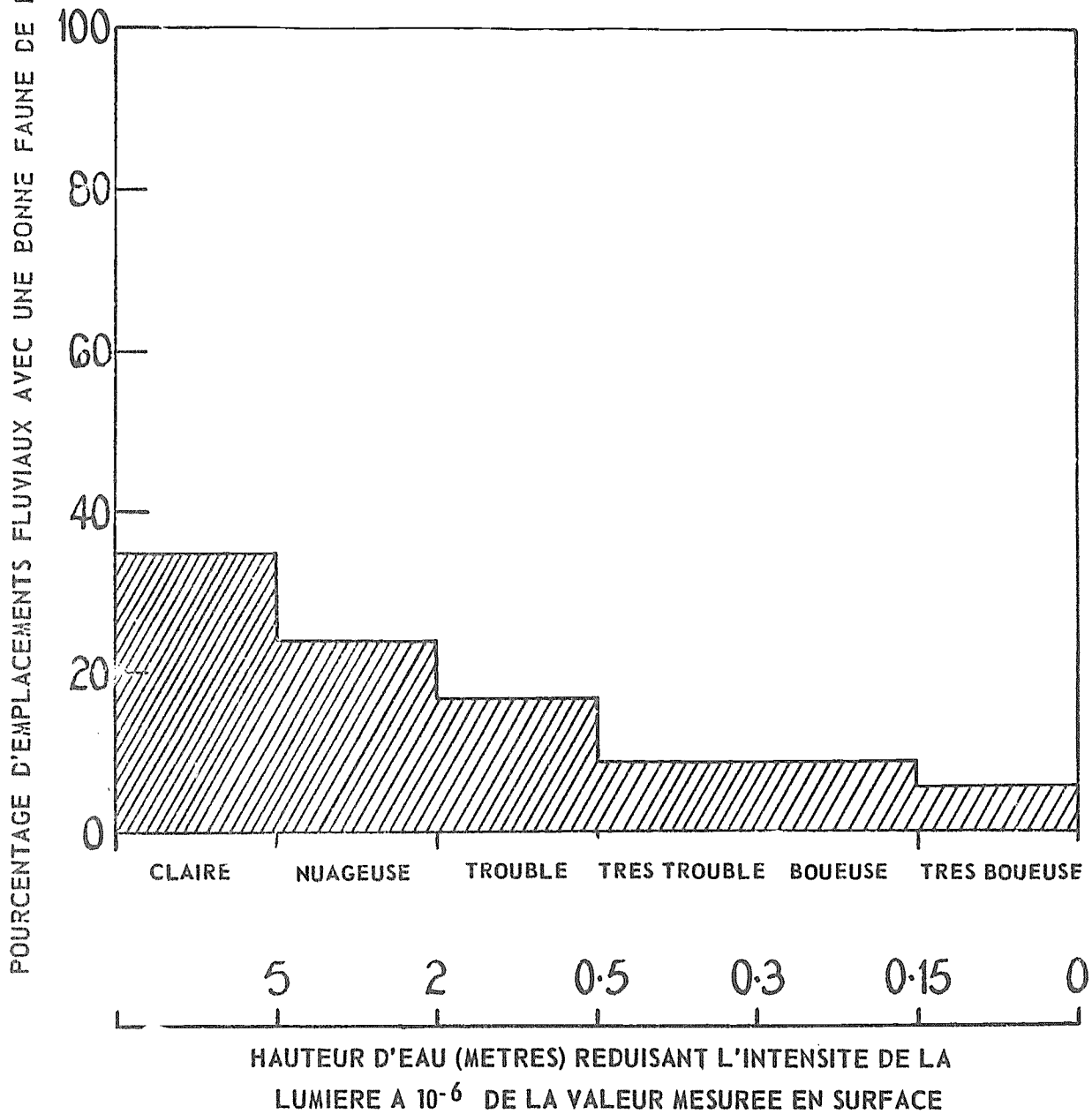
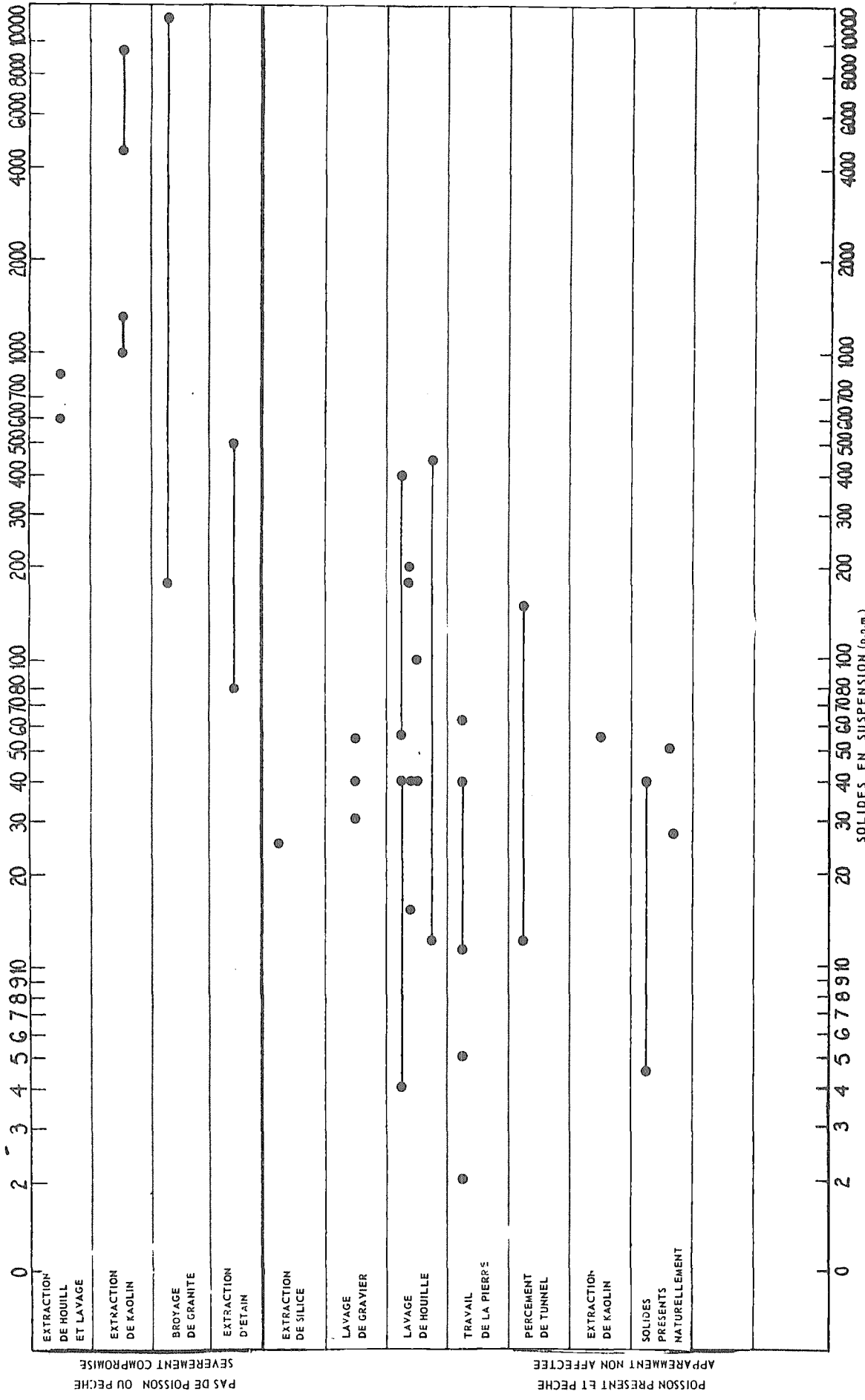


FIG. 2 ETAT RAPPORTE DES PECHEES EN EAU DOUCE EN RELATION AVEC LA TENEUR DE L'EAU EN SOLIDES EN SUSPENSION



SOLIDES EN SUSPENSION (p.p.m.)
(MOYENNE OU ORDRE DE GRANDEUR)

PAS DE POISSON OU PECHE SEVEREMENT COMPROMISE
POISSON PRESENT ET PECHE APPAREMMENT NON AFFECTEE

COMMISSION EUROPÉENNE CONSULTATIVE POUR LES PÊCHES
DANS LES EAUX INTÉRIEURES

Les documents de la CECPI sont publiés en français et en anglais dans trois séries:

Rapport de la CECPI

Rapport de chaque Session.

Document technique de la CECPI

Des documents scientifiques et techniques sélectionnés comprenant certains documents de travail présentés aux Sessions de la Commission ou de ses sous-commissions.

Nouvelles de la CECPI

Notes et commentaires sur les activités de la CECPI et de ses Etats Membres, de la FAO et d'autres organisations; une tribune pour l'échange d'informations, idées et expériences.

Des exemplaires de ces documents peuvent être obtenus en s'adressant au:

Secrétaire
Commission européenne consultative
pour les pêches dans les eaux intérieures
FAO
viale delle Terme di Caracalla
Rome, Italie

Documents publiés dans la présente série

EIFAC/T1 Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur les solides finement divisés et les pêches intérieures (1964).